



DEUTSCHES  
PATENTAMT

②1 Aktenzeichen: P 44 30 503.6-42  
②2 Anmeldetag: 27. 8. 94  
④3 Offenlegungstag: —  
④5 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 29. 2. 96

DE 44 30 503 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:

Mercedes-Benz Aktiengesellschaft, 70327 Stuttgart,  
DE

⑦2 Erfinder:

Dörrie, Dieter, 70327 Stuttgart, DE; Schwerdt, Paul,  
72250 Freudenstadt, DE

⑤5 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	37 15 472 C2
DE	27 08 484 C2
DE	43 33 199 A1
DE	42 08 522 A1
DE	40 25 279 A1
DE	38 25 706 A1
DE	32 13 319 A1
US	46 97 460
EP	02 85 259 B1
WO	92 18 840 A1

⑤4 Drehmomentsensor mit Dehnmeßstreifenanordnung

⑤7 Es sind Drehmomentsensoren bekannt, bei denen Dehnmeßstreifen auf einer einen Abschnitt des Drehmomentübertragungsweges bildenden Zylindermantelfläche angeordnet sind, um das übertragene Drehmoment über die dadurch in der Zylindermantelfläche induzierten mechanischen Spannungen zu messen.

Bei dem neuen Drehmomentsensor wird der Meßkörper, der drehmomentabhängige mechanische Spannungen zeigt und auf dem die Dehnmeßstreifenanordnung angebracht ist, von einem in einer Axialebene liegenden, kreisringförmigen Bereich eines Scheibenkörpers gebildet. Der Scheibenkörper besitzt das weitere einen radial innen an den Meßkörperbereich anschließenden ersten und einen radial außen an den Meßkörperbereich anschließenden zweiten Drehmomentübertragungsteil, von denen einer die drehmomenteinleitende und der andere die drehmomentausleitende Seite für den Meßkörperbereich bildet, wobei letzterer eine gegenüber den Drehmomentübertragungsteilen geringere axiale Dicke aufweist, so daß er unter Drehmomenteinwirkung mechanische Spannungen zeigt. Dieser Drehmomentsensor läßt sich mit geringem Konstruktionsaufwand und extrem kurzer axialer Baulänge realisieren, so daß er auch bei beengten Platzverhältnissen verwendbar ist.

Verwendung beispielsweise zur Drehmomentmessung in Kraftfahrzeuggetrieben.

DE 44 30 503 C 1

Die Erfindung bezieht sich auf einen Drehmomentensensor nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 mit einer Dehnmeßstreifenanordnung. Der Drehmomentensensor besitzt eine drehmomenteinleitende und eine drehmomentausleitende Seite und wird über diese beiden Anschlußseiten mechanisch in den Übertragungsweg des zu messenden Drehmomentes eingebracht.

Es sind Sensoren zur Messung eines Drehmomentes bekannt, bei denen Dehnmeßstreifen, die als Meßbrücke geschaltet sind, auf einer Zylindermantelfläche, über die das zu messende Drehmoment übertragen wird, unter einem Winkel von 45° zur Mantellinie des Zylinders angeordnet sind.

Die Dehnmeßstreifen erstrecken sich folglich über einen gewissen Axialbereich und wandeln die von einem Drehmoment induzierten mechanischen Verspannungen des als Meßkörper dienenden Zylindermantels in entsprechende elektrische Meßsignale um. Neben solchen Sensoren mit Dehnmeßstreifenanordnung sind auch solche mit Federkörpergeometrien sowie solche mit einer magnetostruktiven Meßschicht, siehe z. B. die Patentschrift EP 0 285 259 B1, bekannt.

Dabei ist es häufig wünschenswert, Sensoren mit möglichst geringen axialen Abmessungen zur Verfügung zu haben, um die zunehmende Forderung nach kompakter, kostengünstiger Bauweise von drehmomenterzeugenden Maschinen und den zugehörigen, drehmomentübertragenden Teilen zu erfüllen und um solche Sensoren auch unter beengten Einbaubedingungen anbringen zu können. Für Drehmomentensensoren, die auf dem Funktionsprinzip mit einer magnetostruktiven Meßschicht beruhen, sind bereits Realisierungen mit vergleichsweise kurzer axialer Baulänge vorgeschlagen worden. So ist bei einem in der Patentschrift US 4.697.460 offenbarten Sensor eine magnetische Scheibe quer zur Drehachse angeordnet, welcher axial eine magnetische Sensoranordnung mit Erreger- und Sensorspule gegenübergestellt ist, was der Reduzierung der axialen Baulänge Grenzen setzt. In der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung P 43 33 199.8 wird ein Sensor angegeben, bei dem die axiale Ausdehnung einer der magnetischen Meßschicht tragenden zylindrischen Mantelfläche die axiale Baulänge des Sensors bestimmt.

Auch für auf dem Dehnmeßstreifenprinzip beruhende Drehmomentensensoren sind schon verschiedentlich Realisierungen mit relativ kurzer axialer Baulänge vorgeschlagen worden. So ist ein gattungsgemäßer Drehmomentensensor in der Offenlegungsschrift WO 92/18840 offenbart. Bei diesem Sensor besteht der Meßkörperbereich aus vier radialen Stegen, die auf einer Axialseite bündig zu den radial innen bzw. außen angrenzenden Drehmomentübertragungsteilen verlaufen, eine in radialer Richtung gleichmäßige axiale Dicke aufweisen und an ihrer Außenseite mit den jeweiligen Dehnmeßstreifen versehen sind. Demgemäß trägt die Dicke der Dehnmeßstreifenanordnung zur axialen Baulänge dieses Sensors bei. Weitere Drehmomentensensoren mit Dehnmeßstreifenanordnung und relativ geringer axialer Baulänge sind in den Patentschriften DE 27 08 484 C2 und DE 37 15 472 C2 sowie den Offenlegungsschriften DE 32 13 319 A1 und DE 42 08 522 A2 beschrieben. Dabei ist in der DE 32 13 319 A1 ein Sensor offenbart, bei dem der Meßkörper aus vier radialen Stegen besteht, deren axiale Dicke entlang der Radialerstreckung konstant ist, während ihre Breite in Umfangs-

richtung des zugehörigen Sensorkörpers entlang der Radialrichtung von innen nach außen abnimmt. Bei dem in der DE 42 08 522 A2 gezeigten, scherkraftaufnehmenden Drehmomentensensor besteht der Meßkörper aus vier radialen Stegen mit gegenüber den radial innen bzw. außen anschließenden Drehmomentübertragungsteilen verringerter, entlang der Radialrichtung konstanter axialer Dicke, was durch beidseitiges Einbringen von Ausnehmungen in einen zugehörigen Sensorscheibenkörper erreicht wird.

Es ist des weiteren bekannt, die elektrischen Sensorsignale und die Stromversorgung von bzw. zum Sensor über telemetrische Anordnungen berührungslos zu übertragen, siehe z. B. die Offenlegungsschriften DE 38 25 706 A1 und DE 40 25 279 A1.

Der Erfindung liegt als technisches Problem die Bereitstellung eines Drehmomentensensors mit Dehnmeßstreifenanordnung zugrunde, der eine vergleichsweise geringe axiale Baulänge und vorteilhafte Meßeigenschaften besitzt.

Dieses Problem wird durch einen Drehmomentensensor mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Die Dehnmeßstreifenanordnung befindet sich auf einem die Drehachse in einer Querebene umgebenden, kreisringförmigen Bereich eines Scheibenkörpers, wobei der kreisringförmige Bereich von ausreichend geringer Dicke ist, um bei Einwirken eines Drehmomentes über die radial innen und außen anschließenden Drehmomentübertragungsteile des Scheibenkörpers mechanische Spannungen, z. B. Scherspannungen, zu erzeugen, die von der Dehnmeßstreifenanordnung sensiert werden. Ein solchermaßen aufgebauter Sensor kann in extremer axialer Kurzbauform realisiert werden, da die axiale Ausdehnung des Scheibenkörpers aufgrund der mit dem Meßkörper in einer Axialebene liegenden Dehnmeßstreifen nicht durch die sensierenden Elemente bestimmt ist, sondern der Scheibenkörper axial bis auf eine Dicke reduziert werden kann, welche noch die zur Drehmomentweiterleitung erforderliche, mechanische Stabilität gewährleistet. Da sich ohne weiteres die für die Dehnmeßstreifenanordnung erforderliche elektrische Energie sowie die von den Dehnmeßstreifen erzeugten elektrischen Signale drahtgebunden oder drahtlos mittels elektrischer oder elektronischer Komponenten mit relativ geringen Abmessungen übertragen lassen, wird die Reduzierung der axialen Sensorbaulänge auch nicht durch diese Energie- und Signalübertragungskomponenten begrenzt. Meßtechnisch vorteilhafte, sehr homogene Scherspannungen zur Erfassung durch die Dehnmeßstreifen werden dadurch erzielt, daß die axiale Dicke des kreisringförmigen Meßkörperbereichs radial von innen nach außen hin abnimmt.

Eine Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 2 ermöglicht eine konstruktiv einfache und damit kostengünstige Fertigung des Drehmomentensensors, indem die vorgesehenen Scheibenkörper, aus denen der Sensor aufgebaut ist, so gestaltet sind, daß sie weitgehend als Drehteile gefertigt werden können. Der bei dieser Ausgestaltung vorgesehene zweite Scheibenkörper ist insbesondere für eine Realisierung einer Weiterbildung gemäß Anspruch 3 zweckmäßig, mit welcher erreicht wird, daß die Drehmomenteinleitung und die Drehmomentausleitung für den Sensor auf etwa demselben Radius liegen, was sowohl unter dem Gesichtspunkt der Drehmomentübertragung als auch montage-technisch von Vorteil ist, da der Sensor auf der drehmomenteinleitenden und auf der drehmomentausleitenden Seite jeweils auf gleicher radialer Höhe an den zugehörigen, benach-

barten Abschnitten im Drehmomentübertragungsweg befestigbar ist.

In Anspruch 4 ist eine Sensorrealisierung angegeben, bei der die elektrische Energie für die Dehnmeßstreifenanordnung sowie die von letzterer erzeugten Meßsignale drahtlos übertragen werden. Zum Aufbau einer solchen elektrischen Einrichtung sind dem Fachmann eine Vielfalt von elektrischen und/oder elektronischen Komponenten geläufig, die genügend geringe Abmessungen besitzen, welche nicht über die ohnehin zur Gewährleistung der erforderlichen mechanischen Stabilität notwendigen mechanischen Abmessungen des Sensorscheibenkörpers hinausgehen, so daß die Reduzierung der axialen Baulänge nicht durch diese Art der elektrischen Signalübertragung begrenzt ist. Dies wird zudem durch die Maßnahme gewährleistet, die elektrische Signalübertragung zum und vom Sensor über dessen Außenumfang vorzunehmen. Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung einer solchen Einrichtung ist durch Anspruch 5 gegeben. Mit der dort beanspruchten elektrischen Einrichtung erfolgt eine drahtlose elektrische Signalübertragung zum und vom Sensor radial von bzw. nach außen, wobei das Spannungswandlermodul innerhalb des oder der Sensorscheibenkörper aufgenommen ist, so daß auch hier keine Erhöhung der axialen Sensorbaulänge aufgrund seines elektrischen Signalverarbeitungsteils erforderlich ist. Gegebenenfalls erforderliche Verbindungsleitungen vom Spannungswandlermodul zur radialen Sensoraußenseite und/oder zur Dehnmeßstreifenanordnung können so in Ausnehmungen bzw. Bohrungen in dem oder den Scheibenkörpern des Sensors geführt sein, daß sie trotz geringer axialer Sensorbaulänge nicht axial über den Sensorkörper vorstehen.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden nachfolgend beschrieben. Hierbei zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen Drehmomentensor mit Dehnmeßstreifenanordnung und drahtloser elektrischer Signalübertragung mit kurzer axialer Baulänge und

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht eines gegenüber demjenigen von Fig. 1 konstruktiv geringfügig abgewandelten, jedoch funktionsgleichen Drehmomentsensors, wobei zur Verdeutlichung des inneren Aufbaus ein Viertel des Sensors weggebrochen ist,

Fig. 3 ein elektrisches Ersatzschaltbild einer weiteren Sensorvariante.

Der in Fig. 2 gezeigte Drehmomentsensor entspricht bis auf geringfügige Abwandlungen im mechanischen Aufbau, insbesondere hinsichtlich der genauen Querschnittsform der verwendeten Scheibenkörper sowie des Verlaufs von leitungsführenden Bohrungen in diesen Scheibenkörpern, demjenigen von Fig. 1, weshalb sämtliche entsprechenden Teile des Sensors von Fig. 2 mit denselben Bezugszeichen versehen sind, wie sie für den Sensor von Fig. 1 verwendet werden, so daß sich die nachfolgende Beschreibung auf beide Sensoren gemeinsam bezieht, soweit nicht speziell unterschieden wird.

Die gezeigten Drehmomentsensoren bestehen aus einem ersten Scheibenkörper (1) und einem zweiten Scheibenkörper (9). Beide Scheibenkörper (1, 9) sind mit geringem Aufwand als um ihre Mittelachse (2) rotationssymmetrische Drehteile gefertigt, in die anschließend lediglich noch weiter unten erwähnte Bohrungen eingefügt sind. Der erste Scheibenkörper (1) besteht aus einem radial inneren Drehmomentübertragungsteil (3), einem radial äußeren Drehmomentübertragungsteil (4) und einem zwischen diesen Drehmomentübertragungs-

teilen (3, 4) liegenden, kreisringförmigen Bereich (5) mit vergleichsweise geringer axialer Dicke ( $d_2$ ), wobei sich letzterer genauer zwischen dem Innenradius ( $r_1$ ) des radial äußeren (4) und dem Außenradius ( $r_2$ ) des radial inneren Drehmomentübertragungsteils (3) erstreckt. Diese reduzierte Dicke ( $d_2$ ) führt dazu, daß bei Durchleitung eines Drehmoments durch den ersten Scheibenkörper (1) in dem kreisringförmigen Bereich (5) merkliche Scherspannungen auftreten, während die demgegenüber mit deutlich größerer axialer Ausdehnung ( $d_1$ ) gestalteten Drehmomentübertragungsteile (3, 4) mechanisch spannungsfester bleiben. Diese Scherspannungen können von einer Dehnmeßstreifenbrücke (6), die zu diesem Zweck auf einer Seite des kreisringförmigen Bereichs (5) angeordnet ist, erfaßt und in elektrische Signale umgewandelt werden. Die Dehnmeßstreifenbrücke (6) befindet sich hierbei innerhalb einer der beidseitig des kreisringförmigen Bereichs (5) zur Bildung desselben in den ersten Scheibenkörper (1) eingebrachten, ringförmigen Ausnehmungen (22) innerhalb eines Abschnitts des kreisringförmigen Meßkörpers (5), in welchem die Scherspannungen auftreten. Um möglichst homogene Scherspannungen im kreisringförmigen Meßkörper (5) zu erzeugen, ist letzterer bei dem Sensor von Fig. 1 mit trapezförmigem Querschnitt so ausgelegt, daß dessen axiale Dicke ( $d_2$ ) in radialer Richtung vom Innenbegrenzungsradius ( $r_1$ ) zum Außenbegrenzungsradius ( $r_2$ ) hin abnimmt.

Der radial äußere Drehmomentübertragungsteil (4) weist einen Lochkreis (7) auf, der eine vorgegebene Anzahl von mit äquidistantem Winkelabstand angeordneten Schraubbohrungen beinhaltet, welche zur drehfesten Anbringung des ersten Scheibenkörpers (1) an die eine Seite eines Bauteils, dessen Drehmoment überwacht werden soll, mittels Schraubverbindungen dienen. Während der radial innere Drehmomentübertragungsteil (3) auf der Seite, auf welcher im ringförmigen Bereich (5) die Dehnmeßstreifenbrücke (6) angebracht ist, axial mit dem äußeren Drehmomentübertragungsteil (4) abschließt, erstreckt er (3) sich auf der gegenüberliegenden Seite unter abgestufter radialer Verjüngung axial über die Abmessung ( $d_1$ ) des radial äußeren Drehmomentübertragungsteils (4) mit einer dagegen größeren Axiallänge ( $d$ ) hinaus. Der zweite Scheibenkörper (9) ist zum ersten Scheibenkörper (1) parallel verlaufend auf den vorspringenden axialen Endbereich des radial inneren Drehmomentübertragungsteils (3) aufgesetzt und mit letzterem längs der Kontaktfläche (10) elektronenstrahlverschweißt. Der zweite Scheibenkörper (9) schließt dabei außenseitig bündig mit dem zugeordneten Stirnende des radial inneren Drehmomentübertragungsteils (3) des ersten Scheibenkörpers (1) ab, so daß die axiale Länge ( $d$ ) dieses radial inneren Drehmomentübertragungsteils (3) und damit des Scheibenkörpers gleichzeitig die gesamte axiale Baulänge des Drehmomentsensors darstellt.

Der zweite Scheibenkörper (9) ist auf demselben Radius ( $R$ ) wie der erste Scheibenkörper (1) ebenfalls mit einem Lochkreis (8) versehen, der eine vorgegebene Anzahl von in äquidistantem Winkelabstand angeordneten Schraubgewindebohrungen beinhaltet, mit denen der Drehmomentsensor auf der dem Lochkreis (7) des ersten Scheibenkörpers (1) gegenüberliegenden Seite an einem dafür vorgesehenen weiteren Anschlußteil eines drehmomentüberwachten Bauteils befestigbar ist. Dabei bilden die Schraubverbindungen des einen Lochkreises die drehmomenteinleitenden und die Schraubverbindungen des anderen Lochkreises die drehmo-

mentausleitenden Elemente, wobei die Wahl, welcher Lochkreis (7, 8) welche Funktion übernimmt, vom Sensoraufbau her gesehen beliebig ist und sich nach der jeweiligen Antriebs- und Belastungsmaschine richten kann, deren Drehmoment gemessen werden soll. Das Drehmoment wird folglich innerhalb des Sensors vom Lochkreis (8) des zweiten Scheibenkörpers (9) über letzteren, über den radial inneren Drehmomentübertragungsteil (3) des ersten Scheibenkörpers (1) und über den kreisringförmigen Bereich (5), wo es die von der Dehnmeßstreifenbrücke (6) sensierten Scherspannungen induziert, zum radial äußeren Drehmomentübertragungsteil (4) des ersten Scheibenkörpers (1) geführt und von dort über den Lochkreis (7) ausgeleitet, oder der Drehmomentübertragungsverlauf ist umgekehrt, wenn das Drehmoment am Lochkreis (7) des ersten Scheibenkörpers (1) eingeleitet wird.

Ersichtlich besitzen die in den Fig. 1 und 2 gezeigten Drehmomentsensoren den montage- und drehmomentübertragungstechnischen Vorteil, daß die beiden drehmomentanschlußbildenden Lochkreise (7, 8) auf demselben Radius (R) liegen und der Sensor dennoch in einfacher Weise aus den beiden Drehteil-Scheibenkörpern (1, 9) gefertigt ist. Alternativ ist es natürlich auch möglich, bei etwas erhöhtem Konstruktionsaufwand den gezeigten oder einen ähnlich aufgebauten Sensor aus einem Werkstück herauszuarbeiten. Dies kann ggf. damit verknüpft werden, den zweiten Lochkreis (8) direkt am radial inneren Drehmomentübertragungsteil (3) des ersten Scheibenkörpers (1) vorzusehen, welcher dann eine passend modifizierte Gestalt haben kann, indem er sich beispielsweise in dem axial vorspringenden Bereich nicht radial verjüngt, sondern sich mit gleichbleibendem Außenradius ( $r_1$ ) oder sogar mit größer werdendem Radius nach außen erstreckt. Der zweite Scheibenkörper (9) kann dabei ggf. entfallen.

Auch der gesamte elektrische Teil der Drehmomentsensoren von Fig. 1 und 2 ist innerhalb des durch die axiale Länge (d) des inneren Drehmomentübertragungsteils (3) des ersten Scheibenkörpers (1) gegebenen Axialbereichs untergebracht und erhöht daher die axiale Baulänge der Sensoren nicht. Speziell erfolgt die Einkopplung der elektrischen Energie für die Dehnmeßstreifenbrücke (6) über ein gängiges Telemetriesystem mit einem radial außerhalb des Sensorkörpers (1, 9) stationär angeordneten Generator (12), der in diesem Beispiel mit kopfförmigem Kopplungsteil ausgebildet ist, wobei diesem Generatorkopf (12) eine am Außenumfang des zweiten Scheibenkörpers (9) unter Belassung eines Luftspaltes (21) angeordnete elektrische Wicklung (13) (beim Sensor von Fig. 2 ein elektrisch leitendes, zwischen zwei nebeneinanderliegenden Anschlußstellen aufgetrenntes Band) gegenüberliegt. Die Wicklung (13) sitzt dabei in einem im Querschnitt U-förmigen Ringteil (20), das in eine dazu passende Ausnehmung am Außenumfang des zweiten Scheibenkörpers (9) so eingefügt ist, daß es in radialer Richtung mit dem Außenumfang des zweiten Scheibenkörpers (9) fluchtend abschließt. Anstelle des kopfförmigen Kopplungsteils kann der Generator auch eine ringförmige Primärwicklung aufweisen, welche die Wicklung (13) auf dem Scheibenkörper (9) unter Belassung eines Ringspaltes elektromagnetisch koppelt und umgibt.

Wie aus Fig. 2 erkennbar — in Fig. 1 sind die elektrischen Verbindungsleitungen der Übersichtlichkeit halber weggelassen — führt ein Satz elektrischer Leitungen (19) von der außenseitigen Wicklung bzw. dem Band (13) zu einem im inneren des radial inneren Dreh-

momentübertragungsteils (3) des ersten Scheibenkörpers (1) angeordneten Elektronikmodul (17), das bei montiertem Sensor mitrotiert. Das Elektronikmodul (17) sitzt hierbei in einer mittigen, rotations-symmetrischen, abgestuften Ausnehmung (18) im radial inneren Drehmomentübertragungsteil (3). Letzteres ist dabei von topfförmiger Gestalt, indem die Ausnehmung (18) zur einen Axialseite hin von einem Bodenbereich (23) dieses Übertragungsteils (3) begrenzt ist. Die Verbindungsleitungen (19) sind im wesentlichen radial verlaufend durch eine Ausnehmung (16), die im zweiten Scheibenkörper (9) am dem radial äußeren Drehmomentübertragungsteil (4) zugewandten Bereich eingebracht ist, sowie durch eine Bohrung (15) im radial inneren Drehmomentübertragungsteil (3) hindurchgeführt, die von der dem zweiten Scheibenkörper (9) zugewandten Seite des ersten Scheibenkörpers (1) zur diesem abgewandten Seite in den Bereich der Ausnehmung (18) im radial inneren Drehmomentübertragungsteil (3) führt (wobei der genaue Verlauf der Durchführungen (15, 16) für die beiden Sensoren nach Fig. 1 und Fig. 2 etwas variiert). Wie ebenfalls wieder aus Fig. 2 ersichtlich, führt ein weiterer Satz von Verbindungsleitungen (11) vom radial mittig angeordneten Elektronikmodul (17) durch eine Radialbohrung (14) im radial inneren Drehmomentübertragungsteil (3) zur Dehnmeßstreifenbrücke (6). Ersichtlich sind alle elektrischen Leitungen so gelegt, daß sie nicht über die durch die beiden Scheibenkörper (1, 9) gegebenen Außenabmessungen des Sensors hinausragen.

Der Sensor von Fig. 1 bietet zudem einen Schutz vor unbefugten Manipulationen. Sobald bei der Montage des dort gezeigten Sensors die Dehnmeßstreifenbrücke (6) angebracht, das Elektronikmodul (17) von der offenen Topfseite des inneren Drehmomentübertragungsteils (3) in die Ausnehmung (18) eingesetzt und die elektrischen Verbindungsleitungen gelegt sind, wird die betreffende Zugangsseite für diese Elemente mit einem Abschlußdeckel (24) abgedeckt. Letzterer ist von der axialen Außenseite des ersten Scheibenkörpers (1) her an diesem so befestigt, daß er nur von einer hierzu befugten Person zerstörungsfrei wieder gelöst werden kann. Der Deckel (24) erstreckt sich radial bis zum Innenradius ( $r_2$ ) des äußeren Drehmomentübertragungsteils (4). Zusammen mit der auf der gegenüberliegenden Seite geschlossenen Ausbildung des Sensors hat dies zur Folge, daß das Elektronikmodul, die Dehnmeßstreifenbrücke (6) und die verbindenden Leitungen vor unbefugten Eingriffen gesichert sind.

In Fig. 3 ist für eine weitere Drehmomentsensorvariante das zugehörige elektrische Ersatzschaltbild gezeichnet. Dieser Sensor entspricht in seinem Aufbau im wesentlichen den oben beschriebenen, wobei insoweit gleiche Bezugszeichen für funktionell gleiche Elemente gewählt sind. Unterschiedlich ist bei diesem Sensor, daß der generatorseitige Teil der elektromagnetischen Kopplungsstrecke zwischen dem rotierenden Sensorteil (25) und einem den Sensor umgebenden, stationären Bauteil (26) aus einem Primärwicklungsband (12b) anstelle des kopfförmigen Generatorkopplungsteils (12) besteht. Auf dem stationären Bauteil (26) ist eine HF-Generatoreinheit (12a) montiert, die einerseits mit dem Primärwicklungsband (12b) und andererseits über eine Kabelverbindung (27) mit einer zugehörigen Auswerteeinheit (28) elektrisch verbunden ist. Die der Generatorwicklung (12b) gegenüberliegende Wicklung (13) an der radialen Sensorausseite ist wie bei den obigen Sensoren über einen durchgeführten Leitungssatz (19) mit

dem im inneren des Sensors (25) aufgenommenen Elektronikmodul (17) verbunden, welches neben seiner Funktion als Spannungswandlereinheit auch die Funktion eines Sensorsignalverstärkers hat. Zu erkennen ist auch ein Kalibrierwiderstand (29) am Elektronikmodul (17). Die Dehnmeßstreifenbrücke (6) ist mit dem Leitungssatz (11) an das Elektronikmodul (17) angeschlossen und besitzt an ausgewählten Punkten Meßstellen (6a). Selbstverständlich kann die Dehnmeßstreifenbrücke (6) auch in zwei sich diametral gegenüberliegende, miteinander verschaltete Halbbrücken mit je zwei Meßstellen (6a) aufgeteilt sein.

Im Betrieb der jeweiligen Sensoren wird in der Außenumfangswicklung (13) eine elektrische Spannung mit Hilfe des Generators (12; 12a, 12b) induziert, die über die elektrischen Verbindungsleitungen (19) zum rotierenden Elektronikmodul (17) geführt, dort gewandelt und als Gleichspannung über den zweiten Satz von Verbindungsleitungen (11) zur elektrischen Versorgung der Dehnmeßstreifenbrücke (6) dieser zugeführt wird. Das an der Brückendiagonale dieser Dehnmeßstreifenanordnung (6) abgegebene Meßsignal wird über dieselbe elektrische Verbindungsstrecke in umgekehrter Richtung wie die elektrische Spannungsversorgung radial nach außen über den Generator (12; 12a, 12b) und die Kabel (27) zu der Auswerteeinheit (28) geführt.

Es versteht sich, daß für den Fachmann neben den bereits angesprochenen weiteren Varianten der dargestellten Drehmomentsensoren im Rahmen der Erfindung realisierbar sind. So kann beispielsweise eine andere herkömmliche Art elektrischer Signalübertragung zwischen dem rotierenden Sensor und der äußeren, stationären Umgebung vorgesehen sein. Auch kann die genaue Gestaltung des den kreisringförmigen, mechanisch verspannbaren Bereich beinhaltenden Scheibenkörpers und eines ggf. vorgesehenen weiteren Scheibenkörpers auf den jeweiligen Anwendungsfall abgestimmt sein. Gemeinsam ist allen derartigen Sensoren, daß sie eine Dehnmeßstreifenanordnung zur Drehmomentsensierung verwenden und eine extrem kurze axiale Bauform besitzen, da sich der mechanisch verspannende Bereich, auf dem die Dehnmeßstreifenanordnung sitzt, in einer Axialebene erstreckt. Diese sehr kurze axiale Baulänge macht es beispielsweise als besonderen Vorteil möglich, einen solchen Sensor zur Drehmomenterfassung in einen Gelenkwellenstrang mit Kreuzgelenk-Schiebestücken auf einfache Weise dadurch einzufügen, daß die Kreuzgelenk-Schiebestücke in geringem Umfang axial auseinandergeschoben werden, was in den meisten Fällen bei solchen Anordnungen möglich ist, wonach dort der Sensor eingesetzt werden kann.

#### Patentansprüche

1. Drehmomentsensor mit
  - einer Dehnmeßstreifenanordnung (6), die auf einem Meßkörper (5) angebracht ist, der unter Drehmomenteinwirkung mechanische Spannungen aufweist, wobei
  - der Meßkörper von einem in einer Axialebene liegenden Bereich (5) eines Scheibenkörpers (1) gebildet ist und
  - der Scheibenkörper des weiteren einen radial innen an den Meßkörperbereich (5) anschließenden ersten (3) und einen radial außen an den Meßkörperbereich anschließenden zweiten Drehmomentübertragungsteil (4) beinhaltet, von denen einer die drehmomentein-

leitende und der andere die drehmomentausleitende Seite für den Meßkörperbereich bildet, wobei der Meßkörperbereich eine gegenüber den Drehmomentübertragungsteilen geringere axiale Dicke besitzt,

dadurch gekennzeichnet, daß

- der Meßkörper als kreisringförmiger Bereich (5) gebildet ist, dessen axiale Dicke ( $d_2$ ) in radialer Richtung von innen nach außen abnimmt.
2. Drehmomentsensor nach Anspruch 1, weiter dadurch gekennzeichnet, daß
    - er einen zum ersten (1) parallel angeordneten zweiten Scheibenkörper (9) aufweist, der drehfest am ersten Drehmomentübertragungsteil (3) angebracht ist,
    - beide Scheibenkörper (1, 9) von einer weitgehend als Drehteil realisierbaren Form sind und
    - von dem zweiten Scheibenkörper (9) und dem zweiten Drehmomentübertragungsteil (3) des ersten Scheibenkörpers (1) der eine als drehmomenteinleitendes Anschlußteil und der andere als drehmomentausleitendes Anschlußteil des Sensors dient.

3. Drehmomentsensor nach Anspruch 2, weiter dadurch gekennzeichnet, daß am zweiten Scheibenkörper (9) und am zweiten, radial äußeren Drehmomentübertragungsteil (4) des ersten Scheibenkörpers (1) jeweils Elemente (7, 8) zur Drehmomenteinleitung in bzw. zur Drehmomentausleitung aus dem Sensor vorgesehen sind, die auf gleicher radialer Höhe (R) liegen.

4. Drehmomentsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, weiter dadurch gekennzeichnet, daß am Außenumfang wenigstens eines Scheibenkörpers (9) eine Einrichtung (12, 13) zur drahtlosen und berührungsfreien Einkopplung elektrischer Energie für die Dehnmeßstreifenanordnung (6) sowie zur Auskopplung des von letzterer erzeugten Meßsignals an die stationäre Außenumgebung vorgesehen ist.

5. Drehmomentsensor nach Anspruch 4, weiter dadurch gekennzeichnet, daß

- die Einrichtung zur drahtlosen und berührungsfreien Übertragung von elektrischer Energie und elektrischen Signalen ein Telemetriesystem mit einer am Außenumfang wenigstens eines Scheibenkörpers (9) angeordneten Wicklung (13) und einem der Wicklung unter Belassung eines Luftspaltes (21) radial gegenüberliegenden, stationären Generatorteil (12) beinhaltet und

- von dem oder den Scheibenkörpern (1) ein Spannungswandlermodul (17) aufgenommen ist, das einerseits mit der Wicklung (13) und andererseits mit der Dehnmeßstreifenanordnung (6) elektrisch verbunden ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

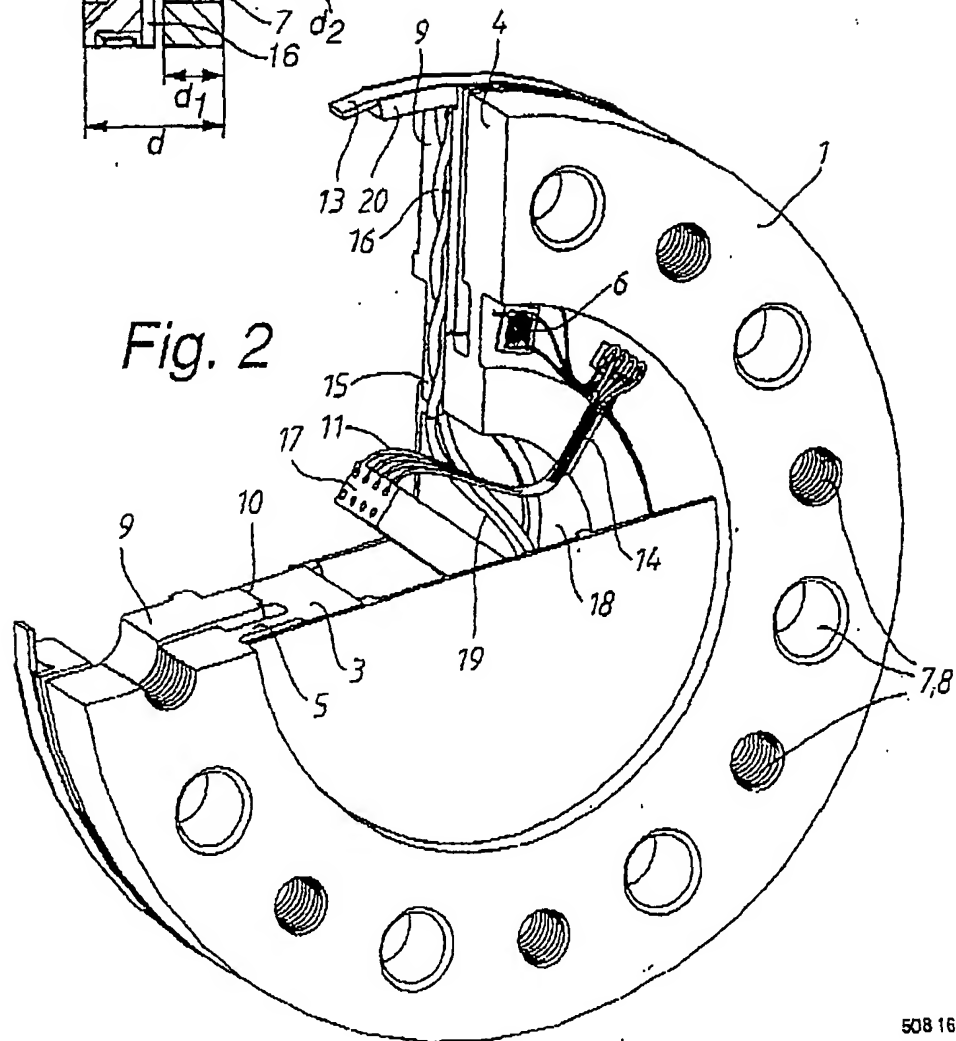
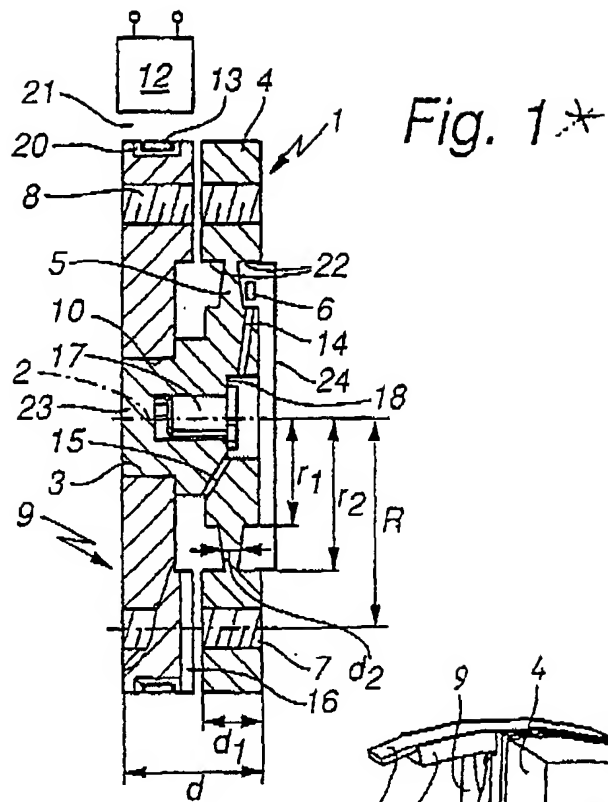


Fig. 3

